

ユーラシア草原における干ばつメモリ

100148

Drought memory in the Eurasian steppe

飯島 慈裕 (海洋研究開発機構・地球環境変動領域)

Yoshihiro IJIMA* (Research Institute for Global Change, JAMSTEC)

キーワード: 干ばつ, 土壌水分, バイオマス, モンゴル, カザフスタン

Keywords: drought, soil moisture, biomass, Mongolia, Kazakhstan

1. はじめに

半乾燥地草原は乾湿 (降水量) 変動に敏感に応答して, バイオマス量やそれに伴う熱・水・炭素循環が大きく年々変動する生態系である (Knapp and Smith, 2002 Science など). しかし, アメリカのプレーリーや, アフリカのサヘルとは異なり, モンゴル-カザフスタンにかけて東西に大きく広がるユーラシア草原は, 冬季に土壌が凍結し, 当年の乾湿変動が凍結する土壌水分として持ち越される, いわゆる「メモリ効果」の重要性が指摘されている (Shinoda and Nandintsetseg 2011, *Global Planet. Chan.*). また, この土壌水分偏差は, バイオマス量の偏差とも相互作用し, 草原生態系を生業の基盤とする遊牧民, さらに長距離移動する野生動物の移動パターン (Ito et al., 2006, *J. Zoology*) にも強く関連した現象となる.

草原生態系における降水量偏差 (極度の偏差は「干ばつ」となる) のメモリ効果をより深く理解するため, 水資源を遮断した野外操作実験を現地で行い, 土壌水分と生態系の偏差の持続と回復過程を明らかにする試みが近年行われている. 本発表では, これまでにユーラシア草原で行われた 2 つの野外操作実験から明らかになったメモリ効果の知見を紹介し, その意義を検討する.

2. モンゴルにおける降水遮断実験

東アジアの主要な黄砂発源地, ゴビ砂漠の北に位置する Bayan Unjuul (47.0° N, 105.9° E) は, 年降水量は 163mm で夏に集中し, 年平均気温は 0.1°C で, 一年のおよそ半分の期間は氷点下となる. ここで 2005 年に雨よけによる夏季降水遮断実験が行われた (Shinoda et al. 2010, *J. Arid. Environ.*). 遮断された降水量は, 60-80 年に 1 度の干ばつに相当する.

降水遮断によって土壌水分量が減少し, 地上部バイオマス量は急激に減少した (図 1a). 同時に実施した炭素収支の観測では, 総一次生産量 (GPP) も有意に減少し, 地表面付近の土壌の極度の乾燥によって生態系呼吸量も大きな減少を示した (Nakano et al., 2008, *Agr. For. Meteor.*). 一方, 地下部バイオマス量は対象区と有意差は現れなかった. 翌 2006 年夏季には地上部バイオマス量は速やかな回復を見せた. しかし, 乾燥耐性の弱い種の回復は遅く, 種組成が干ばつ前後で大きく変化した.

3. カザフスタンにおける積雪除去実験

カザフスタン北部は肥沃な土壌とモンゴルより多い年降水量のため, 自然草原はほぼ開拓され, 小麦を主とした穀倉地帯となっている. そこでは, 冬の積雪が 20cm 以上あるため水資源として十分な寄与を持ち, 前年秋からの土壌水分と合わせて翌年の植物生産量に影響する (Iijima et al. 2008, *Hydrol. Process.*). 北部ステップが典型的に広がる Shortandy (51.3° N, 71.2° E) は年降水量が 335 mm, 年平均気温が 2.0°C であり, ここの耕作放棄地の草原において, 2010 年 4 月の最大積雪時に積雪を除去する実験を実施した.

積雪除去区と対照区との間で, 初年度から土壌水分鉛直分布ならびにバイオマス量に差が現れた. 土壌水分の鉛直分布は, 融雪

直後(5月)の時点で表層~60cm 深で, 5.2mm の差があり, 6 月にはその差が 39.5mm に拡大した. 9 月には, 表層では対照区が逆に少なくなったが, 20~100cm 深で 21.8mm の差があり, 深層まで土壌水分差が拡大した. バイオマス量は, 地上部, 地下部とも, 成長途中の 6 月(地上部差: 9.4g, 地下部差: 47.6g 乾重)と成長終了時の 9 月(50.8g, 96.7g)ともに対照区との差が認められたが (図 1b), 地上部バイオマス量の減少率が大きい. 積雪除去実験前後での植物種の変化は認められなかった.

4. 干ばつメモリと植生回復機構

モンゴル草原は, 夏に土壌水分が増加し, やや遅れて緑被が増加する (衛星植生指標 NDVI の解析による). 冬の積雪は少なく春の土壌水分に対する影響は大きくないが, その一方で土壌凍結は効果的に起こり, 前年秋の土壌水分状態が保存される. 自己相関係数では, 9 月の土壌水分と NDVI の経年偏差は翌春まで有意であり, 土壌水分偏差からの植生状態の予測可能性を示す.

モンゴルは降水のほとんどが暖候季に降るため, 降水量-土壌水分-植物生長の偏差が当年で速やかに現れる. 一方, カザフスタンでは年降水量の約 1/5 が積雪であるため, 春の土壌水分増加に果たす融雪水の効果が無視できず, 土壌水分偏差は冬季にリセットされ, 積雪の存在が植生回復に本質的な役割を有している. どちらも地下部バイオマスは比較的安定しており, 地上部が単年の干ばつ偏差に応答するのに対して, より長い干ばつ耐性を持ち, 回復過程を担っていると考えられる.

加えて, モンゴルの場合, 前年の地上部バイオマスが残った枯れ草部分の効果が無視できない. 枯れ草がもつ風食抑制効果と, 熱伝導と蒸発の抑制効果によって, 土壌養分・水分の欠損を防ぎ, 植物生産を回復させるフィードバック機構があると考えられる. 一方, カザフスタンにおいても枯れ草が積雪を効率的に捕捉し, 水資源を確保する役割をもつ.

以上から, ユーラシア草原生態系では, 降水・土壌水分偏差からの植生の年々での動的な回復機構の理解が本質的に重要である.

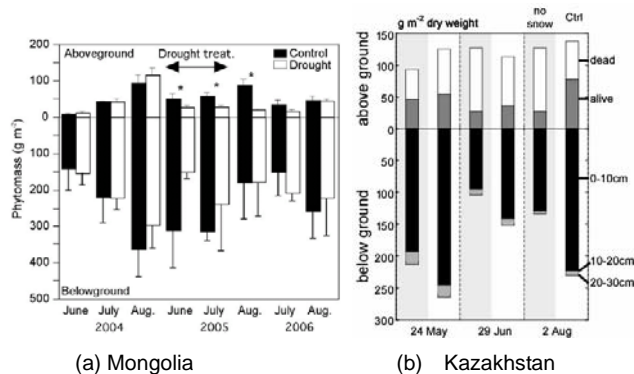


図 1 (a)モンゴル草原の降水遮断干ばつ実験と(b)カザフスタン草原の積雪除去実験における地上部, 地下部バイオマス量変化。